

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**CONCEPTOS EN LA COBERTURA CUTÁNEA Y FIJACIÓN ÓSEA PARA EL
MANEJO DE FRACTURAS EXPUESTAS DE TIBIA GRADO IIIB/IIIC
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

Trabajo final de graduación sometido a la consideración del comité de la Especialidad en
Ortopedia y Traumatología para optar por el grado y título de Especialista en Ortopedia y
Traumatología

SUSTENTANTE:
DR. PABLO CORRALES MONGE

2021

DEDICATORIA

A mi madre, quien día a día, desde el momento en que inicié mis estudios en medicina, ha estado a mi lado, dándome sabios consejos y apoyándome de forma incondicional.

A mi padre, por motivarme a seguir siempre adelante, y porque a pesar de los momentos difíciles me ha enseñado lo valioso que es el esfuerzo para alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTOS

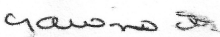
A mis dos hermanas, con quienes siempre puedo contar.

Al Dr. Lizano, Dr. Mora y Dr. Quesada, quienes me han brindado sus consejos y su guía para la elaboración de este proyecto.

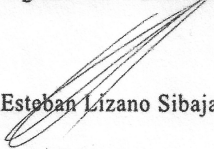
A mis residentes mayores, ya médicos asistentes especialistas hoy en día, por estar presentes desde el inicio de mi residencia, transmitiendo su conocimiento de manera desinteresada; y muchos, aún hoy, lo siguen haciendo.

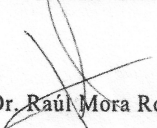
HOJA DE APROBACIÓN

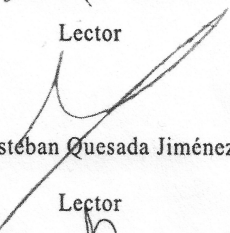
Este trabajo final de graduación fue aceptado por el comité de la Especialidad en Ortopedia y Traumatología del Programa de Posgrado en Especialidades Médicas de la Universidad de Costa Rica como requisito parcial para optar al grado y título de Especialista en Ortopedia y Traumatología.



Dra. Lydiana Avila de Benedictis

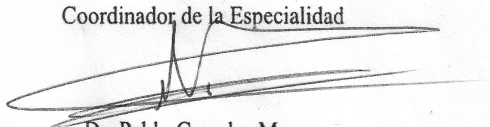
Directora Programa de Postgrado Sistema de Especialidades Médicas


Dr. Esteban Lizano Sibaja
Profesor Guía


Dr. Raul Mora Rojas
Lector


Dr. Esteban Quesada Jiménez
Lector


Dr. Luis Diego Rodríguez Carrillo
Coordinador de la Especialidad


Dr. Pablo Corrales Monge

Sustentante
IV

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTOS.....	3
HOJA DE APROBACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA DE CONTENIDOS	4
RESUMEN	6
LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	7
INTRODUCCIÓN	8
JUSTIFICACIÓN	9
OBJETIVOS	10
OBJETIVO GENERAL	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
MARCO TEÓRICO.....	11
GENERALIDADES DE LAS FRACTURAS EXPUESTAS.....	11
CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS EXPUESTAS	11
MECANISMO DE TRAUMA EN LAS FRACTURAS EXPUESTAS.....	15
FUNCIÓN DE LOS TEJIDOS BLANDOS EN FRACTURAS EXPUESTAS	15
<i>Suministro vascular.....</i>	<i>16</i>
<i>Contribución celular.....</i>	<i>16</i>
<i>Entorno de citoquinas y factores de crecimiento.....</i>	<i>18</i>
<i>Propiedad antimicrobiana</i>	<i>19</i>
<i>Comparación en modelos animales de reparación ósea.....</i>	<i>19</i>
ANTIBIOTICOTERAPIA SISTÉMICA	21
PRINCIPIOS QUIRÚRGICOS Y CONCEPTOS SOBRE FIJACIÓN Y COBERTURA CUTÁNEA	23
<i>Momento del desbridamiento</i>	<i>23</i>
<i>Irrigación quirúrgica</i>	<i>25</i>
<i>Manejo de la herida.....</i>	<i>26</i>
<i>Cobertura cutánea en fracturas expuestas de tibia grado I, II y IIIA.....</i>	<i>27</i>
<i>Cobertura cutánea en fracturas expuestas de tibia grado IIIB/IIIC.....</i>	<i>28</i>
<i>Tipo de colgajo en relación con el sitio de la lesión</i>	<i>35</i>
<i>Opciones de fijación esquelética.....</i>	<i>37</i>
<i>Conversión de fijación externa a fijación definitiva.....</i>	<i>41</i>
CONCLUSIONES	43
BIBLIOGRAFÍA	45

RESUMEN

En ocasiones, las fracturas expuestas de tibia se asocian con lesiones graves de tejidos blandos. Además, la contaminación y desvitalización en el sitio aumentan en gran medida el riesgo de complicaciones.

Su manejo debe optimizarse con el fin de mejorar el pronóstico, desde el momento de llegada al centro hospitalario la administración de profilaxis antibiótica sistémica, el desbridamiento, la irrigación, la estabilización ósea y la cobertura cutánea, son clave en la búsqueda de rescatar la extremidad afectada.

Al respecto, el momento de la cobertura cutánea o cierre de la herida, sumado al método de estabilización ósea, son objeto de debate en el manejo de estas lesiones.

En el presente estudio se revisan temas concernientes al manejo de fracturas expuestas de tibia grado IIIB y IIIC.

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE GUSTILO-ANDERSON PARA FRACTURAS EXPUESTAS	12
TABLA 2. COMPLICACIONES POR FRACTURAS EXPUESTAS BASADAS EN LA CLASIFICACIÓN DE GUSTILO-ANDERSON.....	14
TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN	29
TABLA 4. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS QUE UTILIZAN COBERTURA CON COLGAJO DE FORMA INMEDIATA Y/O TEMPRANA.....	34
TABLA 5. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS QUE UTILIZAN LA COBERTURA CON COLGAJO DE FORMA TARDÍA.....	35
TABLA 6. RESUMEN DE RESULTADOS CON VARIOS TIPOS DE FIJACIÓN ÓSEA EN FRACTURAS EXPUESTAS DE TIBIA.....	40
TABLA 7. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS QUIRÚRGICOS CON DIFERENTES TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN ÓSEA	40

LISTA DE ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. LESIÓN DE TEJIDOS BLANDOS Y RADIOGRAFÍA DE UNA FRACTURA EXPUESTA GRADO IIIB DE TIBIA Y PERONÉ DERECHO, GUSTILO IIIB	13
ILUSTRACIÓN 2. RIESGO DE INFECCIÓN EN RELACIÓN CON EL INICIO DE LA COBERTURA ANTIBIÓTICA DESDE EL MOMENTO DE LA LESIÓN	22
ILUSTRACIÓN 3. OPCIONES PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL MIEMBRO A NIVEL DE LA PIERNA.....	36
ILUSTRACIÓN 4. A: FRACTURA GUSTILO TIPO IIIB, DEL TERCIO DISTAL DE LA DIÁFISIS TIBIAL CON DEFECTO DE TEJIDO BLANDO SOBRE LA REGIÓN MALEOLAR MEDIAL (COLGAJO MARCADO). B: IMAGEN INTRAOPERATORIA DEL COLGAJO QUE CUBRE EL DEFECTO PRIMARIO DE TEJIDO BLANDO (FLECHA BLANCA).....	37

INTRODUCCIÓN

La tibia es uno de los huesos largos que se fractura con mayor frecuencia en el cuerpo humano (alrededor de un 11,2 %), y hasta 24 % se presentan como fracturas expuestas (Weiss y cols., 2004). La edad promedio es de 45,5 años, mayoritariamente en hombres (Sop y Sop, 2020).

En cuanto a esto, los accidentes de tránsito representan el mecanismo de lesión más frecuente, alrededor de un 43 % a 65 %; del resto, la mayoría son causadas por caídas (25 %), lesiones relacionadas al deporte y golpes directos (<10 %). En este sentido, Court-Brown *et al.*, en su amplio estudio epidemiológico, encontraron que casi el 60 % de las fracturas expuestas de la diáfisis tibial eran Gustilo tipo III en sus diferentes presentaciones (Melvin *et al.*, 2010).

La comprensión de su epidemiología y patogénesis permite al equipo quirúrgico planificar la fijación y la cobertura de tejidos blandos. Esto con el fin de asegurar el mejor resultado para el paciente (Singh *et al.*, 2018).

Por lo tanto, no se puede subestimar la importancia de proceder con intervenciones tempranas que optimicen los resultados en el contexto de estas lesiones potencialmente devastadoras. Además, a pesar de la creciente cantidad de información que rodea su tratamiento, hay aspectos cruciales que siguen siendo controversiales y por lo tanto varían en la comunidad ortopédica mundial (Petrisor y cols., 2008).

De manera que, se requiere un enfoque multidisciplinario que incluya cirujanos ortopedistas y plásticos para el tratamiento de estas lesiones. Sumado a ello, aquellas fracturas con lesiones vasculares que comprometen la viabilidad del miembro demandan un manejo urgente por parte de un cirujano vascular.

JUSTIFICACIÓN

Las fracturas expuestas, especialmente las de tibia, siguen en aumento; esto cada vez más en pacientes jóvenes, sanos y en edad laboral (Manjra *et al.*, 2019). Dicha situación representa un desafío para el personal médico, y en especial para el ortopedista.

Lo anterior, se relaciona con altas tasas de infección, no unión, hospitalizaciones prolongadas, múltiples cirugías, amputaciones, entre otros. Por tal motivo, es clave un abordaje óptimo desde el momento de llegada al hospital para disminuir el riesgo de estas lesiones.

En esta línea, la literatura no proporciona conclusiones sólidas sobre el tratamiento, tanto inicial como definitivo, y la evidencia cambia de manera constante. Entonces, surge la necesidad de conocer las opciones para mejorar el abordaje de estos pacientes.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Describir los resultados sobre el manejo de fracturas expuestas de tibia grado IIIB y IIIC, examinando los resultados y opciones tanto de la fijación esquelética como de la cobertura cutánea.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Recordar las generalidades de las fracturas expuestas, clasificación, mecanismo de trauma.
2. Reconocer la función que juegan los tejidos blandos en la reparación ósea.
3. Describir el abordaje intrahospitalario de las fracturas expuestas de tibia, tanto el uso de antibióticos como el manejo quirúrgico inicial.
4. Examinar las ventajas y desventajas de la cobertura cutánea dependiendo del momento en que se realice.
5. Analizar las diferentes opciones con las que cuenta el cirujano ortopédico para la fijación ósea, así como sus resultados.
6. Describir los tipos de colgajos utilizados a nivel de la pierna y las opciones para la cobertura de lesiones traumáticas en cada nivel.
7. Reconocer la función de la fijación externa como terapia de estabilización inicial, así como el momento de la conversión.

MARCO TEÓRICO

GENERALIDADES DE LAS FRACTURAS EXPUESTAS

Una fractura expuesta es una lesión en la que el hueso fracturado, y/o el hematoma de la fractura, quedan expuestos al exterior a través de una violación del tejido blando hasta la piel. La herida puede estar en un sitio distante a la fractura y no directamente sobre ella. Por lo tanto, cualquier fractura que tenga una herida concomitante debe considerarse expuesta hasta que se demuestre lo contrario.

En comparación con las lesiones cerradas, las fracturas expuestas tienen un riesgo significativamente mayor de infección, no unión y complicaciones en la curación de heridas, que a menudo requieren varias cirugías hasta la reparación definitiva.

La lesión vascular ocurre en el 1-4% de las fracturas expuestas, y requieren un tratamiento urgente por parte del cirujano vascular. Dependiendo del tipo de reparación se puede ver comprometido el tipo de fijación ósea y/o la cobertura cutánea (Gabel *et al.*, 2009).

CLASIFICACIÓN DE LAS FRACTURAS EXPUESTAS

Se clasifican más comúnmente de acuerdo con el sistema de Gustilo-Anderson, el cual fue propuesto por primera vez en 1976 y modificado a su forma actual en 1986 (ver tabla 1). En detalle, se utilizan tres grados base (I, II, III) y a su vez la grado III se subdivide (Trompeter *et al.*, 2020)

TABLA 1. CLASIFICACIÓN DE GUSTILO-ANDERSON PARA FRACTURAS EXPUESTAS

Grado	Descripción
I	Herida limpia, menos de un centímetro de longitud.
II	Herida limpia, más de un centímetro de longitud sin lesión extensa de tejidos blandos, sin avulsiones.
III	Laceración, daño o pérdida amplia de tejidos blandos; fractura segmentaria expuesta, o bien amputación traumática. También, heridas por arma de fuego de alta velocidad.
IIIA	Adecuada cobertura cutánea a pesar de la lesión extensa de tejidos blandos, avulsiones o traumas de alta energía, sin importar el tamaño de la herida.
IIIB	Inadecuada cobertura de tejidos blandos con desprendimiento del periostio, usualmente asociado a contaminación masiva.
IIIC	Lesión arterial y/o nerviosa que requiere reparación urgente, con independencia del grado de lesión de tejidos blandos.

Fuente: Melvin, 2010, pp. 10-19.

De modo que, las lesiones grado I son de baja energía y se asocian con heridas pequeñas de tejidos blandos (generalmente <1 cm de longitud) con contaminación mínima. Usualmente, presentan un trazo fracturario simple y el periostio permanece intacto.

Las fracturas de grado II tienen una herida >1 cm de longitud, pero menor a 10 cm. Sin embargo, no presentan daño extenso de tejidos blandos o avulsiones. Generalmente, son de baja energía, pero tienen mayor compromiso que las fracturas de tipo I. El trazo de fractura puede ser más conminuto y presentar desperiostización, aunque es mínima.

Las tipo III son lesiones de alta energía, con destrucción perióstica significativa, fracturas segmentarias, heridas extensas de tejidos blandos, lesiones vasculares que requieren reparación o heridas por arma de fuego de alta velocidad. Se han subclasificado en categorías A, B y C. Las grado IIIA tienen daño extenso de los tejidos, lo cual puede incluir el hueso, pero es posible el cierre primario de la herida sin el uso de colgajos. Las IIIB presentan una inadecuada cobertura de tejidos, por lo que es necesario el uso de injertos o colgajos para cubrir el defecto (ilustración 1). Las IIIC son aquellas que asocian daño vascular que requiere reparación urgente.



ILUSTRACIÓN 1. LESIÓN DE TEJIDOS BLANDOS Y RADIOGRAFÍA DE UNA FRACTURA EXPUESTA GRADO IIIB DE TIBIA Y PERONÉ DERECHO, GUSTILO IIIB

La extensión total de la lesión en el tejido blando profundo y su viabilidad a menudo se subestima en la presentación inicial y puede no correlacionarse con el tamaño del defecto en la piel. Por esta razón, la clasificación definitiva debe realizarse en el quirófano (Trompeter *et al.*, 2020).

Ahora bien, existe una relación directa entre la severidad de la lesión y las complicaciones. Tal como lo describió Thakore *et al.* en su análisis de 2017 (ver tabla 2). La mayoría de complicaciones como amputación, sepsis y no unión, se asocian a fracturas tipo III en la clasificación de Gustilo-Anderson (Rupp *et al.*, 2020).

TABLA 2. COMPLICACIONES POR FRACTURAS EXPUESTAS BASADAS EN LA CLASIFICACIÓN DE GUSTILO-ANDERSON

Grado de Fractura Expuesta (Gustilo)	Infección (%)	No unión (%)	Amputación (%)
I	2	6	0
II	8	7	0
IIIA	14	11	1
IIIB	30	26	7
IIIC	62	25	12

Fuente: Thakore, 2017, pp. 651-656.

A pesar del uso generalizado de la clasificación de Gustilo-Anderson, se ha informado que la concordancia entre observadores es del 60 % (Brumback y Jones, 1994). Sin embargo, sigue teniendo utilidad para describir la gravedad de la lesión, orientar el abordaje y predecir el pronóstico. Por tal razón, los tipos de fractura serán referidos por esta clasificación a lo largo de esta revisión.

MECANISMO DE TRAUMA EN LAS FRACTURAS EXPUESTAS

Cuando ocurre una lesión traumática los huesos y tejidos blandos absorben la energía impuesta, y conforme esta aumenta se producen fracturas, desprendimiento perióstico y destrucción de tejidos circundantes. Al respecto, se observan diferentes grados de severidad, desde una lesión puntiforme donde el hueso fracturado penetra la piel desde adentro hacia fuera, hasta la exposición de la fractura debido a la violación completa de los tejidos que la rodean (Sop y Sop, 2020).

Por su parte, los fragmentos de hueso, sobre todo aquellos que no se adhieren a ninguna estructura, logran desplazarse, causando más daño, lesionando piel, fascia, músculo y estructuras neurovasculares (Trompeter *et al.*, 2020). Además, cuando la piel se desgarrar crea un efecto de vacío, que arrastra todos los escombros hacia la herida. El material extraño y la suciedad pueden llegar a depositarse a nivel intramuscular y óseo. En relación con esto, el alcance de la contaminación y las especies bacterianas involucradas van a depender del huésped, las condiciones ambientales durante el trauma y la gravedad de la lesión (Laxminarayan *et al.*, 2013).

FUNCIÓN DE LOS TEJIDOS BLANDOS EN FRACTURAS EXPUESTAS

La función de los tejidos blandos no se limita a cubrir la herida para prevenir la desecación y la infección, sino que además contribuyen a la reparación de las fracturas al servir como fuente local de células madre u osteoprogenitoras, factores de crecimiento y suministro vascular.

SUMINISTRO VASCULAR

Los colgajos de tejidos blandos en las fracturas expuestas aportan irrigación vascular a los extremos óseos que han sido despojados del periostio y han sufrido además una ruptura del endostio (Richards y Schemitsch, 1989).

En relación con lo anterior, hay evidencia de que el músculo aporta mayor vascularización a un defecto que el tejido fasciocutáneo. Por ejemplo, un estudio que utilizó un modelo canino para comparar el flujo sanguíneo en las interfaces de colgajos musculocutáneos y fasciocutáneos sin fractura subyacente, mostró que aunque hubo un aumento inicial en el flujo sanguíneo muscular en las primeras 24 horas, la superficie profunda del colgajo fasciocutáneo experimentó un aumento más lento y estable del flujo sanguíneo durante el período experimental de 6 días, para superar el del músculo en este punto de tiempo, sin embargo, hubo mayor evidencia de curación en el grupo muscular (Chan *et al.*, 2012).

Ahora bien, aunque la vascularización es esencial para la cicatrización de heridas y reparación ósea, hay otros factores biológicos clave más allá del suministro sanguíneo por si solo (Chan *et al.*, 2012).

CONTRIBUCIÓN CELULAR

La reparación de una fractura requiere el reclutamiento de células osteoprogenitoras. Las células madre mesenquimales son, por definición, multipotenciales y, por lo tanto, pueden servir como fuente de células

osteoprogenitoras; pueden originarse a partir de una variedad de tejidos que incluyen la médula ósea, el periostio, la dermis, el tejido adiposo, el músculo, los vasos sanguíneos y la circulación. Pues bien, en las fracturas cerradas se cree que las principales fuentes de células osteoprogenitoras son la médula ósea y el periostio, sin embargo, las fracturas expuestas de alta energía se caracterizan por la pérdida del periostio y médula ósea, especialmente después de la inserción de un clavo intramedular. En estas circunstancias, las principales células osteoprogenitoras deben tener su origen en los tejidos blandos locales o en la circulación (Chan *et al.*, 2012).

En relación con esto, está bien establecido que el músculo proporciona un entorno adecuado para la osteogénesis, y que el músculo dañado es menos eficaz (Utvåg SE, 2003). En 1965, Urist descubrió que se formaba hueso nuevo fácilmente cuando se implantaba hueso descalcificado en el músculo, y se deducía que las células inductoras se derivaban desde dicho implante (Chan *et al.*, 2012).

Así mismo, se sabe que tanto el tejido fasciocutáneo como el músculo son ricos reservorios de células madre mesenquimatosas. Sin embargo, las características, incluido el potencial osteogénico de las células madre mesenquimatosas, varían según su origen. Por ejemplo, las células estromales humanas derivadas del músculo exhiben un potencial significativamente mayor para la osteogénesis que las del tejido fasciocutáneo, y son equivalentes a las de la médula ósea (Glass *et al.*, 2011).

Al respecto, usando un modelo de defecto diafisario femoral de rata, se descubrió que el músculo es más eficaz para promover la reparación ósea que el tejido adiposo (Evans *et al.*, 2009). Las células madre derivadas del músculo pueden reclutarse y estimularse para que experimenten diferenciación osteogénica mediante citocinas proinflamatorias, especialmente el factor de necrosis tumoral alfa, liberado en el lugar de la lesión (Chan *et al.*, 2012).

ENTORNO DE CITOQUINAS Y FACTORES DE CRECIMIENTO

El músculo también proporciona un entorno anabólico óseo a través de la expresión de miembros de la “súper familia” de factores de crecimiento de transformación beta, incluidas las proteínas morfogenéticas óseas. La relación recíproca entre masa muscular y ósea está bien descrita, en particular la fuerte asociación entre sarcopenia y osteopenia (Chan *et al.*, 2012).

Pues bien, se cree que el músculo y el hueso se regulan mutuamente por medio de fuerzas físicas y control de citocinas; evidencia reciente indica que el músculo actúa como un órgano endocrino que libera factores tróficos, conocidos como mioquinas, que han sido identificados como reguladores clave de la masa muscular y ósea. Otras observaciones sugieren que el músculo intacto apoya la reparación ósea por medio de la liberación de anabólicos óseos, incluyendo el factor de crecimiento similar a la insulina-1, interleucina-6, factor neurotrófico derivado del cerebro y fibroblasto factor-2 del crecimiento. Mientras que el músculo gravemente lesionado altera este proceso mediante la liberación de mioquinas catabólicas,

incluida la miostatina (factor de diferenciación del crecimiento 8) (Chan *et al.*, 2012). . Por lo que la reparación ósea depende del equilibrio entre estos factores.

PROPIEDAD ANTIMICROBIANA

Se cree que los colgajos poseen una propiedad antibacteriana que es independiente de la vascularización. Al respecto, Chang y Mathes utilizaron un modelo canino para comparar las propiedades antimicrobianas de diferentes tejidos durante la cicatrización de heridas. Para ello, se insertaron cámaras inoculadas con bacterias debajo de colgajos de patrón aleatorio levantados en los flancos sin fractura subyacente, y descubrieron que el músculo es superior en la eliminación de bacterias del lecho de la herida. Luego, en un estudio separado, compararon el crecimiento bacteriano dentro del líquido de la herida en la interfaz de los colgajos musculocutáneo versus el fasciocutáneo, y encontraron que a pesar de un mayor flujo sanguíneo y tensión de oxígeno tisular en el grupo fasciocutáneo, el músculo exhibía una mayor capacidad para reducir el recuento bacteriano. Sumado a todo esto, el examen histológico reveló mayor evidencia de cicatrización, incluido un aumento de la deposición de colágeno, en la interfase muscular (Chan *et al.*, 2012).

COMPARACIÓN EN MODELOS ANIMALES DE REPARACIÓN ÓSEA

La evidencia reciente sugiere que la presencia de músculo es un contribuyente importante a la curación ósea. Por ejemplo, el tamaño del callo de la fractura es mayor adyacente al músculo, y la cobertura muscular acelera la reparación de fracturas en modelos murinos (Chan *et al.*, 2012).

Asimismo, en una serie de estudios Utvåg *et al.* examinaron el efecto de separar el músculo del sitio de la fractura en los huesos largos de la extremidad inferior en roedores. La interposición de una membrana impermeable entre el periostio y el músculo resultó en una cicatrización deficiente en un modelo femoral de rata. Sin embargo, un retraso de 2 semanas en la inserción de la membrana impermeable no tuvo ningún efecto perjudicial, lo que indica que el contacto del músculo con el sitio de la fractura mejora la reparación de la fractura (Chan *et al.*, 2012).

Dado que más de la mitad de estos pacientes presentan otras lesiones, la evaluación inicial debe seguir las pautas del protocolo de soporte vital y traumatismos avanzados (ABC), descartando lesiones potencialmente graves que amenacen la vida. El manejo ortopédico puede ser diferido para una segunda evaluación en caso de que la condición médica del paciente lo amerite.

Después de la reanimación inicial una historia detallada ayudará a la evaluación de daños y predecir el grado de contaminación. Esto desde la velocidad del impacto, la energía absorbida, componentes de aplastamiento, entre otros (Melvin *et al.*, 2010).

ANTIBIOTICOTERAPIA SISTÉMICA

La administración temprana de antibióticos, incluso antes del ingreso hospitalario, es un principio clave en el tratamiento de las fracturas expuestas. Esto debido a que la mayoría presenta heridas contaminadas con microorganismos.

En relación con esto, Penn-Barwell y sus colegas utilizaron un modelo de fémur de rata en un defecto contaminado con *Staphylococcus aureus* y encontraron que retrasar los antibióticos a 6 o 24 horas tenía un efecto perjudicial sobre la tasa de infección, independientemente del momento de la cirugía (Zalavras, 2017).

Por su parte, Patzakis *et al.* en su estudio retrospectivo demostraron la importancia de los antibióticos disminuyendo el riesgo de infección en fracturas expuestas. Cuando se administró cefalotina antes del desbridamiento la tasa de infección fue del 2,3 % (2 de 84 fracturas) en comparación con el 13,9 % (11 de 79 fracturas) cuando no se utilizaron antibióticos (Zalavras, 2017).

Con el aumento en el tiempo desde la lesión al inicio de antibióticos se observa un aumento progresivo en la tasa de infección (6,8 % con antibióticos dentro de una hora, 18 % con antibióticos entre 60 y 90 minutos y 27,9 % cuando los antibióticos pasaron de 90 minutos) (ver ilustración 2). Además, se encontró que en pacientes con fracturas expuestas grado III de tibia la cobertura de la herida más allá de 5 días y los antibióticos administrados luego de 66 minutos predijeron de forma independiente el riesgo de infección (Lack *et al.*, 2015).

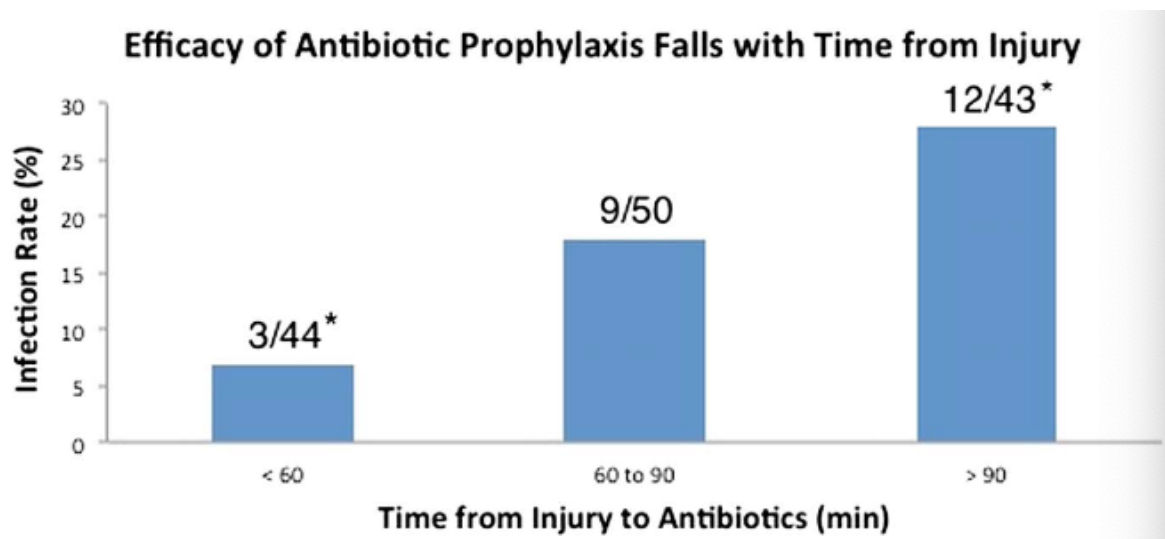


ILUSTRACIÓN 2. RIESGO DE INFECCIÓN EN RELACIÓN CON EL INICIO DE LA COBERTURA ANTIBIÓTICA DESDE EL MOMENTO DE LA LESIÓN

Fuente: Lack, 2015.

En las fracturas expuestas menos graves (tipo I y II) algunos investigadores han recomendado la protección únicamente contra microorganismos grampositivos, con la administración de una cefalosporina. En las fracturas expuestas graves (tipo III) existe un amplio acuerdo en la cobertura contra grampositivos y gramnegativos, esto suele ser proporcionado por una cefalosporina de primera generación más un aminoglucósido, como la gentamicina. Sin embargo, otros han abogado en contra del uso de aminoglucósidos y la cobertura de gramnegativos (Zalavras, 2017).

Se recomienda que los antibióticos deben suspenderse 24 horas después del cierre de la herida en las fracturas grado I y II. Para las grado III debe continuarse durante 72 horas posterior al trauma (Anderson *et al.*, 2011).

PRINCIPIOS QUIRÚRGICOS Y CONCEPTOS SOBRE FIJACIÓN Y COBERTURA CUTÁNEA

MOMENTO DEL DESBRIDAMIENTO

El tejido desvitalizado y material extraño promueven el crecimiento de microorganismos. Además, no favorecen los mecanismos de defensa del huésped, por lo que deben eliminarse. El desbridamiento se realiza en sala de operaciones, y puede extenderse la herida para examinar con mayor detalle la gravedad de la lesión (Zalavras, 2017).

La piel, tejido subcutáneo y músculo se desbridan de manera agresiva hasta sus bordes sangrantes. Los fragmentos de hueso sin uniones de tejido blando son avasculares y deben desecharse. Sin embargo, los fragmentos articulares pueden conservarse, incluso si no tienen suministro de sangre adjunto siempre que sean lo suficientemente grandes y el cirujano crea que es posible la reconstrucción de la articulación afectada (Zalavras, 2017). El momento del manejo quirúrgico es sumamente controvertido, aunque está claro que es de suma importancia.

El momento del manejo quirúrgico es sumamente controvertido. La “regla de las 6 horas”, que aboga por el desbridamiento dentro de las primeras 6 horas después del traumatismo, se cree que fue introducida por Friedrich en el siglo XIX, apoyada por sus hallazgos de que las primeras 6 horas resultaron ser críticas para la replicación bacteriana masiva con su estudio hecho en animales (Friedrich *et al.*, 1898).

De igual forma, Pollak *et al.*, junto con el grupo de estudio LEAP (Lower Extremity Assessment Project, por sus siglas en inglés) no encontraron relación entre el tiempo transcurrido hasta el desbridamiento quirúrgico y la infección en 307 pacientes con fracturas expuestas de tibia grado IIIA, IIIB y IIIC. La tasa de infección fue del 28%, 29% y 26% en pacientes que se sometieron a desbridamiento antes de las 5 horas, 5 a 10 horas y más de 10 horas después de la lesión, respectivamente. Es válido agregar que en el momento de la admisión, el desbridamiento quirúrgico de las lesiones de alta energía fue de la manera más rápida y posible dentro del contexto de la condición general del paciente. Por lo tanto, no hubo ningún grupo control en pacientes con traumatismos graves (Pollak *et al.*, 2010).

También, Weber *et al.*, en un estudio de cohorte prospectivo, de 736 pacientes con fracturas expuestas, no encontraron relación entre el desarrollo de una infección profunda y el tiempo hasta el desbridamiento. La mediana del tiempo hasta la cirugía fue de 9 horas 4 minutos para aquellos que no desarrollaron infección y de 7 horas 39 para los que si desarrollaron. Sin embargo, identificaron un sesgo clínico, ya que llevaron las fracturas grado IIIB y IIIC a cirugía más rápido que las fracturas de grados inferiores, un factor que no pudo controlarse por su diseño de estudio. Sumado a esto la diferencia media en el tiempo hasta la cirugía en los grupos con y sin infección fue de menos de 2 horas; por lo que, los grupos no difirieron mucho en el tiempo hasta la cirugía, lo que puede explicar la falta de relación con la infección (Zalavras, 2017).

Esto hace pensar que el tiempo desde el trauma al desbridamiento quirúrgico no siempre influye en el riesgo de infección, pero debe interpretarse con cuidado, sobre todo en el contexto de pacientes con lesiones severas ya que muy pocos pacientes tienen retrasos significativos en el tratamiento quirúrgico cuando presentan este tipo de lesiones.

Las guías BOAST (British Orthopaedic Association Standards for Trauma, por sus siglas en inglés) recomiendan desbridamiento inmediato en heridas muy contaminadas (agrícolas, acuáticas, cloacales) o cuando exista un compromiso vascular asociado (síndrome compartimental o disrupción arterial que produzca isquemia). Dentro de las 12 horas posteriores a la lesión para otras fracturas expuestas de alta energía; y en las primeras 24 horas para todas las demás fracturas de baja energía (BOAST, 2017).

IRRIGACIÓN QUIRÚRGICA

La irrigación de heridas como adyuvante del desbridamiento quirúrgico es esencial para minimizar el riesgo de infección. La composición ideal del suero y la presión del mismo han sido objeto de debate durante mucho tiempo.

Recientemente, se inició el ensayo FLOW (Fluid Lavage in Open Wounds, por sus siglas en inglés) para responder a la pregunta del modo apropiado de irrigación. Para este ensayo de control aleatorio prospectivo, se incluyeron 2447 pacientes. Se compararon tres presiones de irrigación y el uso de jabón versus

únicamente solución salina. El criterio de valoración principal fue la reoperación para promover la cicatrización de la herida o el hueso y la presencia de infección dentro de un seguimiento de 12 meses. No se encontraron diferencias entre las soluciones de irrigación o entre las tres presiones de irrigación. Aunque si, el jabón de ricino demostró una incidencia significativamente mayor de reoperaciones. En general y sobre todo ante la presencia de recursos escasos, la solución salina a baja o muy baja presión es un método aceptable y rentable (Rupp *et al.*, 2020).

MANEJO DE LA HERIDA

Históricamente, la preocupación por infecciones profundas causadas por especies de *Clostridium* y otros organismos anaeróbicos en las heridas del campo de batalla llevó a la práctica de no cerrar las heridas de forma primaria en las fracturas expuestas (Trueta J., 1976).

Por lo anterior, se manejaba la hipótesis de que los organismos permanecían encerrados en la herida, lo cual aumentaba el riesgo de infección, por lo que estas debían dejarse abiertas, realizar desbridamientos seriados y cerrarla después de que se consideraba limpia (Rusel *et al.*, 1990). Esta noción ha sido cuestionada por la literatura más reciente, que sugiere que los organismos patógenos se adquirieron de manera secundaria a través de rutas nosocomiales (Harley y cols., 2002) (Faishman y cols., 2001).

La cobertura primaria de la herida se ha considerado fundamental para lograr resultados favorables y las heridas que pueden cerrarse de manera primaria deben cerrarse (Wei *et al.*, 2014).

COBERTURA CUTÁNEA EN FRACTURAS EXPUESTAS DE TIBIA GRADO I, II Y IIIA

Se han demostrado tasas de infección profundas de 4 % frente a 9 % y no unión de 13 % frente a 29 % en las fracturas grado I a IIIA, al comparar el cierre inmediato con el cierre tardío de la herida (Angela y cols., 2007).

Además, Jenkinson y colaboradores describieron tasas de infección aún más bajas en las fracturas de Gustilo-Anderson tipo I-IIIa cuando se trataron con cierre inmediato (4,1 %) en comparación con el cierre tardío (17,8 %) de la herida (Jenkinson RJ y cols., 2014)

En general, se acepta que las heridas por fracturas expuestas grado I, II, IIIA se pueden cerrar de forma segura después del desbridamiento inicial, siempre que el paciente reciba una profilaxis antibiótica adecuada, no haya riesgo de necrosis, contaminación tisular y se pueda lograr un cierre sin tensión de los tejidos blandos (Ryan y Pugliano, 2014).

En lesiones leves se recomienda la conversión por etapas de un fijador externo temporal a fijación interna definitiva únicamente en pacientes politraumatizados (Melvin, 2010).

COBERTURA CUTÁNEA EN FRACTURAS EXPUESTAS DE TIBIA GRADO IIIB/IIIC

La controversia se centra en la cobertura o el cierre óptimos de las fracturas expuestas tipo IIIB y IIIC. Estas heridas pueden requerir un desbridamiento repetido a las 48-72 horas, con el fin de permitir disminuir el edema y reevaluar la viabilidad del tejido, sin embargo, esto no es del todo cierto.

Marco Godina, en el año de 1986, fue el primer proponente del cierre temprano definitivo de tejidos blandos (<3 días o 72 horas), pues consideró que en este tiempo la herida aún se encuentra limpia y la cantidad de fibrosis no es significativa, por lo que es un tiempo prudencial para realizar la reconstrucción. Informó tasas de infección del 1,5 %, después de la reconstrucción con colgajo dentro de las primeras 72 horas (grupo 1), 17,5 % cuando la reconstrucción fue retrasada (hasta 90 días, grupo 2) y 6 % para la reconstrucción tardía (3,4 años, o grupo 3), con fallos del colgajo de 0,75 % y tiempos de unión de 6,8 meses (Rupp *et al.*, 2020).

Posterior a este trabajo, se han publicado múltiples estudios sobre el momento de la cobertura cutánea y el riesgo de complicaciones en fracturas expuestas severas de tibia. En la tabla 3 se resumen algunos de ellos.

TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS EN LA REVISIÓN

Autor (año)	Tamaño del estudio	Diseño del estudio	Tiempo hasta la cobertura definitiva	Tipo de colgajo (n)
Godina (1986)	n= 532	Cohorte retrospectivo	Temprana (<72horas): 134 Retrasada (72horas- 3meses): 167 Tardía (>3meses): 231	Músculo libre (532)
Hertel (1997)	n= 29	Cohorte prospectivo	Inmediata: n = 14 Temprana (promedio 4,4días): 15	Músculo libre (29)
Gopal (2000)	n= 80	Cohorte retrospectivo	Inmediata (<24horas): 33 Temprana (<72horas): 30 Tardía (>72horas): 21	Pediculado (9) Músculo libre (75)
Ulmar (2008)	n= 65	Cohorte retrospectivo	Temprana (<7días): 32 Tardía (>7días): 33	Músculo sóleo (25) Músculo libre (40)
Weiliang (2014)	n= 89	Cohorte retrospectivo	Temprana (<72horas): 30 Tardía (>72horas): 59	Libre muscular (39) Local muscular (36) Local piel/fasciocutáneo (14)
Olesen (2015)	n= 45	Cohorte retrospectivo	Temprana (<7días): 18 Tardía (>7días): 28	Músculo libre (45)
Pincus (2019)	n= 672	Cohorte retrospectivo	Temprana (<7días): 260 Retrasada (>7días): 412	ND

Fuente: elaboración propia.

ND: no dice.

En 1997, Hertel y cols. publican un artículo con veintinueve fracturas expuestas de tibia (24 grado IIIB y 5 IIIC), las cuales se trataron mediante un protocolo de desbridamiento inmediato, estabilización ósea y reconstrucción de tejidos blandos con colgajo muscular. Se reconstruyeron quince lesiones después de un retraso medio de 4,4 días (rango 1-9 días), mientras que las 14 restantes se reconstruyeron inmediatamente, es decir, como un procedimiento de emergencia el día del ingreso.

Todos los pacientes fueron revisados con un seguimiento medio de 47 meses. La tasa de infección fue de un 26 % para la reconstrucción tardía, en la reconstrucción inmediata no hubo ningún tipo de infección. Todas las fracturas consolidaron; en 5,6 meses promedio para las reconstrucciones tempranas y 11,6 meses para las tardías. Sus datos sugieren que la reconstrucción inmediata es, si el estado general del paciente lo permite, el momento de elección para la cobertura de tejidos blandos. No hubo fallas del colgajo, no uniones ni amputaciones secundarias (Webb *et al.*, 2007).

Luego, Gopal *et al.*, en el año 2000, presentaron su experiencia en resultados y técnicas para el manejo de fracturas expuestas de tibia grado IIIB y IIIC. Revisaron durante un año a 80 pacientes, con 84 fracturas expuestas severas (79 IIIB y 5 IIIC). En 63 lesiones (75 %) la cobertura se completó de forma temprana (antes de 72 horas) y en las restantes 21 (25 %) de manera tardía (más de 72 horas). La tasa de infección fue de 15 % (10 pacientes) para los que se realizó cobertura antes de 72

horas y 61 % (13 pacientes) para los que se realizó luego de este tiempo. En 19 pacientes se estabilizó la fractura con fijación externa y 65 con un dispositivo interno. Después de la exclusión de las cuatro extremidades que fueron amputadas, hubo 76 pacientes con 80 fracturas para el análisis de los resultados a largo plazo. Todas las fracturas habían consolidado en un rango cercano a las 30 semanas, no reportan no unión. Fallaron 3 de los 84 colgajos (3,5 %). No obstante, hubo cuatro amputaciones; una debido al fracaso de un colgajo primario en un paciente anciano con enfermedad arterial y otro después de una infección aguda grave, ambos pacientes tuvieron amputaciones tempranas. Otros dos pacientes eligieron someterse a amputaciones más de un año después de la lesión (Gopal *et al.*, 2000).

Además, Ulmar y cols., demostraron en 2008 que las tasas de no unión en las fracturas de tibia Gustilo grado IIIB pueden ser significativamente altas a pesar de la cobertura temprana de los tejidos blandos (<1 semana), pero menores a las coberturas tardías (>1semana). En su estudio trataron 65 fracturas, la cobertura de tejidos blandos se realizó de forma temprana en 48 % y retrasada en 52 %. Con colgajo de músculo sóleo en 38 % (grupo A) y transferencia de tejido libre en 62 % (grupo B). Cuando se realizó de forma retrasada la tasa de no unión fue de 100 % para el grupo A y 65 % para el grupo B, por debajo de lo que se observó en las transferencias tempranas, 41 % (grupo A) y 43 % (grupo B) (19).

En 2014, Weiliang y cols., publicaron su estudio de 89 pacientes con fracturas expuestas de tibia, tanto grado IIIB como IIIC. En 30 casos se logró fijación y cobertura antes de las 72 horas (temprana) y los restantes 59 después de 72 horas

(tardía). Reportaron tasas del 27 % (8 casos) de infección en los pacientes que recibieron cobertura temprana, y 63 % (37 pacientes) en aquellos que se logró cobertura de forma tardía. El grupo de cobertura temprana se asoció con mayor tasa de falla de este (20 % frente a 9 %), todos los fallos del colgajo se asociaron con infección profunda. El tiempo hasta la unión ósea entre los grupos fue comparable, alrededor de las 48 semanas. De los pacientes con cobertura tardía, cuatro (3 grado IIIB y 1 grado IIIC) fueron sometidos a amputación por infección persistente (Chua *et al.*, 2014).

Asimismo, según el estudio realizado por Olesen y cols. en el año 2015, de 45 lesiones que recibieron cobertura con colgajo libre vascularizado por fractura, la tasa de infección fue de 27 % (5 de 18 pacientes) cuando se realizó antes de los 7 días frente a 60 % (17 de 28 pacientes) después de 7 días. Diecinueve fracturas (41 %) presentaron no unión un año después de la osteosíntesis. La no unión se produjo en diez de los 16 pacientes del grupo de fumadores (63 %), en comparación con nueve de los 30 pacientes (30 %) del grupo de no fumadores. Siete pacientes (19 %) sufrieron pérdida parcial o total del colgajo, lo que resultó en un procedimiento secundario. Hubo 4 amputaciones, ninguna guardó relación con el momento de la cobertura cutánea (Olesen *et al.*, 2015).

En su estudio de 2015, Mathews *et al.*, analizaron el resultado en 74 pacientes con fractura de tibia (5 grado IIIA, 66 grado IIIB y 3 grado IIIC). Cuarenta y ocho fracturas fueron tratadas con fijación ósea definitiva y cobertura cutánea realizada al mismo tiempo, mientras que 26 se llevaron a cabo en etapas separadas. De los

sujetos que tuvieron fijación y cobertura definitivas en un procedimiento, 2 (4,2 %) desarrollaron infecciones profundas, en comparación con 9 (34,6 %) infecciones profundas en los que se sometieron a fijación y cobertura definitivas en operaciones separadas. De los pacientes que completaron la fijación y cobertura dentro de las 72 horas posteriores a la lesión, 5 (20 %) desarrollaron infecciones profundas, en comparación con 6 (12,2 %) cuya fijación y cobertura definitiva se completó después de 72 horas (Mathews *et al.*, 2015).

Sumado a lo anterior, Pincus *et al.*, en el año 2019, compararon las complicaciones entre los grupos de cobertura temprana y tardía (<7 y >7 días, respectivamente) para fracturas expuestas grados IIIB de tibia. Incluyeron 672 pacientes. De estos, 412 (61,3 %) tenían cobertura retrasada (>7 días). Las tasas de infección fueron de 2,2 % para la cobertura temprana y 8,4 % en los casos de cobertura tardía. Hubo 12 (5,3 %) y 19 (8,4 %) amputaciones para el grupo de cobertura antes y después de 7 días, respectivamente (Choudry *et al.*, 2008).

Por su parte, en un estudio prospectivo de 2021, Aljawadi y cols., incluyeron 120 pacientes con fractura expuesta de miembros inferiores. La diáfisis de la tibia fue el sitio de lesión más común (60 %). El tiempo transcurrido desde la lesión hasta la cirugía definitiva fue de 7,71 días. Unión primaria lograda en 86,73 %. Se encontró un retraso en la consolidación en el 10,20 %. El 3,06 % de los pacientes presentaba no unión. La tasa de infección profunda fue solo del 0,98 % (Aljawadi *et al.*, 2021).

Con base en lo descrito vemos que aún existen dudas en lo que se refiere a cobertura temprana, algunos hablan antes de 72 horas y otros hasta 7 días posterior al momento de la lesión. Sin embargo se observa que ambos casos se asocian a un mejor pronóstico, más evidente en las tasas de infección y semanas hasta la consolidación, aunque no siempre respecto a las tasas de amputación (ver tablas 4 y 5).

TABLA 4. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS QUE UTILIZAN COBERTURA CON COLGAJO DE FORMA INMEDIATA Y/O TEMPRANA

Autor (año)	Infección (%)	Fallo del colgajo (%)	Tiempo de consolidación (meses)	Amputación (%)
Godina (1986)	1,5	0,75	6,8	ND
Hertel (1997)	No hubo	No hubo	5,6	No hubo
Gopal (2000)	15	ND	6,9	3,1
Ulmar (2008)	ND	ND	ND	12,9
Weiliang (2014)	27	20	12,5	0
Olesen (2015)	27	5,5	ND	16
Pincus (2019)	2,2	ND	ND	5,3

Fuente: elaboración propia.

ND: no dice.

TABLA 5. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS QUE UTILIZAN LA COBERTURA CON COLGAJO DE FORMA TARDÍA

Autor (año)	Infección (%)	Fallo del colgajo (%)	Tiempo de consolidación (meses)	Amputación (%)
Godina (1986)	10,8	11	20	ND
Hertel (1997)	26	No hubo	11,6	No hubo
Gopal (2000)	61	ND	10	9,5
Ulmar (2008)	ND	ND	ND	12
Weiliang (2014)	63	9	13,9	7
Olesen (2015)	60	21,4	ND	5,5
Pincus (2019)	8,4	ND	ND	8,4

Fuente: elaboración propia.

ND: no dice.

TIPO DE COLGAJO EN RELACIÓN CON EL SITIO DE LA LESIÓN

Para heridas que requieren reconstrucción, la ubicación de la lesión y el tamaño del defecto deben evaluarse colectivamente para determinar si se beneficia de un colgajo libre o rotacional (Khundkar, 2019).

En general, las fracturas expuestas en los dos tercios proximales de la pierna pueden tratarse adecuadamente con colgajos rotacionales de gastrocnemio y/o sóleo. El tercio medio carece de colgajos locales adecuados, por lo cual se puede utilizar

un colgajo de gastrocnemio para la parte más proximal, pero a menudo el arco de rotación es limitado, el colgajo de elección es uno libre (idealmente músculo gracilis o dorsal ancho para defectos más grandes), las arterias tibiales anterior y posterior se utilizan como receptores. Las lesiones del tercio distal son particularmente difíciles de reconstruir debido a la movilidad limitada de los tejidos, la mala circulación, las necesidades funcionales del tobillo y el ajuste del calzado; en estas regiones se utilizan con eficacia colgajos fasciocutáneos libres, como el anterolateral de muslo, o de gracilis (ver ilustración 3 y 4) (Khundkar, 2019).

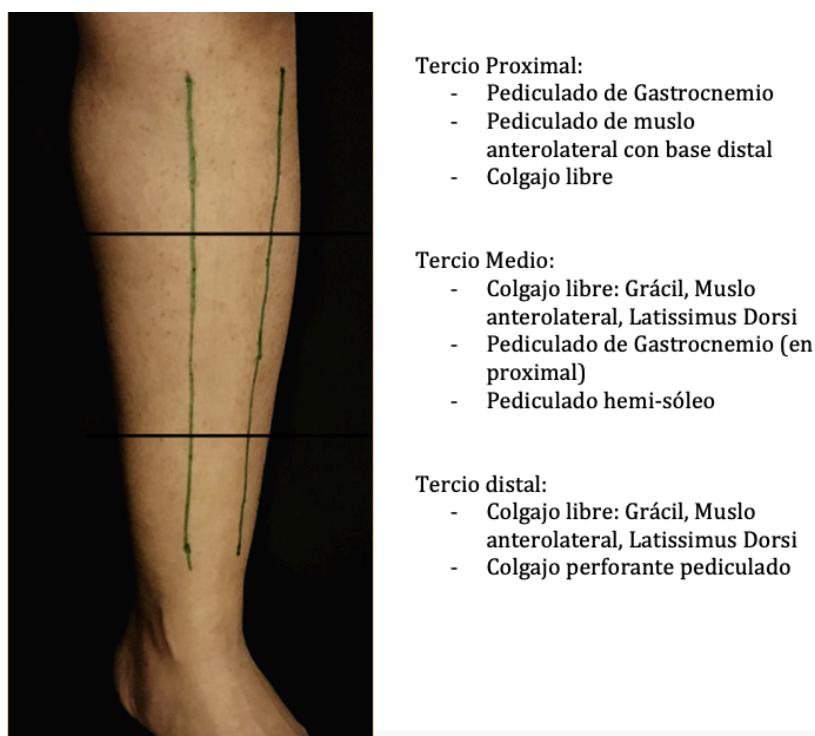


ILUSTRACIÓN 3. OPCIONES PARA LA RECONSTRUCCIÓN DEL MIEMBRO A NIVEL DE LA PIERNA



ILUSTRACIÓN 4. A: FRACTURA GUSTILO TIPO IIIB, DEL TERCIO DISTAL DE LA DIÁFISIS TIBIAL CON DEFECTO DE TEJIDO BLANDO SOBRE LA REGIÓN MALEOLAR MEDIAL (COLGAJO MARCADO). B: IMAGEN INTRAOPERATORIA DEL COLGAJO QUE CUBRE EL DEFECTO PRIMARIO DE TEJIDO BLANDO (FLECHA BLANCA)

En un estudio retrospectivo de 18 años, Hallock evaluó la función de los colgajos musculares y fasciocutáneos en el traumatismo de las extremidades inferiores. Al respecto, se relacionaron las complicaciones con la gravedad de la lesión y no con el tipo de colgajo (Chan *et al.*, 2012).

En el caso de un colgajo primario fallido puede estar justificado un segundo colgajo libre de rescate. El uso de colgajos de sóleo para la cobertura de tejidos blandos más allá de una semana puede no estar indicado debido a los malos resultados en la evolución de la fractura. En este escenario es aconsejable una transferencia de tejido libre (Khundkar, 2019).

OPCIONES DE FIJACIÓN ESQUELÉTICA

Se ha demostrado que la estabilización de las fracturas expuestas restaura la longitud, la alineación y la rotación. Además, protege los tejidos blandos de un mayor daño y disminuye el espacio muerto, así como la tasa de infección.

El tipo fijación depende de la ubicación de la fractura (intraarticular, metafisaria, diafisaria), la extensión de la lesión de los tejidos blandos y el grado de contaminación, así como el estado fisiológico del paciente (Zalavras *et al.*, 2007).

Las opciones para la estabilización incluyen la fijación interna o fijación externa. La fijación interna se puede realizar con placas o con clavos intramedulares. La fijación externa puede ser definitiva o temporal.

Los argumentos en contra de las placas se han centrado en la posibilidad de perpetuar la infección y no unión resultante, ya que la superficie inerte de una placa podría proporcionar un medio para que florezca el crecimiento bacteriano. La evidencia de los estudios clínicos han ido en contra de las placas y esta opción ya no se recomienda en el tratamiento primario de las fracturas expuestas de la diáfisis tibial, quedando reservado para fracturas periarticulares que así lo requieran y preferiblemente en un segundo tiempo (Melvin, 2010).

Los clavos intramedulares siguen siendo el método de elección para fracturas diafisarias expuestas grado I a IIIA (Melvin, 2010), pero la utilización de estos en las grado IIIB y IIIC es objeto de un mayor escrutinio y tema de múltiples ensayos.

Por su parte, el rimado antes del enclavado intramedular permite la inserción de un clavo de mayor diámetro con una mayor estabilidad resultante. Sin embargo, puede interrumpir el suministro de sangre endóstica a través de lesiones térmicas, rotura de los vasos sanguíneos, embolismo graso, aumento de las tasas de infección

y otras complicaciones. El no rimado del canal permite clavos más pequeños, y por lo tanto una estabilidad comparativamente menor, pero preservan el suministro de sangre endóstica. Esta última consideración es potencialmente importante cuando el periostio ha sido denudado durante la lesión inicial (Melvin, 2010).

En cuanto a esto, Bhandari y cols., en 2001, no pudieron demostrar una superioridad significativa de una técnica sobre la otra. En 11 pacientes con fractura expuesta grado IIIB de tibia, publicaron que el uso de clavos rimados no alteró significativamente el riesgo de no unión (riesgo relativo de 1,14) o de infección profunda (riesgo relativo de 1,88) en comparación con los clavos no rimados. Sin embargo, el número de pacientes fue pequeño.

La fijación externa en forma monolateral permite estabilidad a la fractura, al tiempo que permite recobrar los tejidos blandos. A pesar de sus tasas de consolidación aceptables, presentan alto riesgo de aflojamiento y/o infección del trayecto del pin, sumado a la consolidación defectuosa en comparación con otros tipos de fijación (ver tabla 6) (Giannoudis *et al.*, 2006), sobre todo cuando se utiliza más de 3 a 6 meses (French *et al.*, 2002). Esto es un problema común en las fracturas grado IIIB, que a menudo requieren más de 3 meses para consolidar. Dicho sistema tiene función en el tratamiento agudo de las fracturas expuestas gravemente contaminadas, o en el caso de pacientes politraumatizados y no como opción de tratamiento definitivo (Melvin, 2010).

TABLA 6. RESUMEN DE RESULTADOS CON VARIOS TIPOS DE FIJACIÓN ÓSEA EN FRACTURAS EXPUESTAS DE TIBIA

Table 1. Summary of the outcomes of the various types of bone fixation in open fractures of the tibia

	Union rate (%)	Delayed union rate (%)	Malunion rate (%)	Infection rate (%)	Re-operation rate (%)	Bone graft rate (%)
External fixation	94 ^{29,30,36-46}	24 ^{30,36,37,40-42,44,45}	20 ^{29,30,36,37,39-44}	16.2 ^{29,30,36-45}	68.5 ^{29,30,36-45}	46.2 ^{29,30,36-45}
UTN*	95 ^{34,36,40-43,45-55}	22 ^{34,36,40-42,45,47,49,52-54}	10 ^{34,35,40-43,47-49,51-54}	7 ^{34,36,40-43,45-55}	33.2 ^{34,36,40-43,45-55}	14.4 ^{34,36,40-45,47-55}
RTN†	97 ^{33,51,57,58}	Not documented	6 ^{33,51,57,58}	6.4 ^{33,51,57,58}	31.6 ^{33,51,57,58}	15.5 ^{33,51,57,58}
External fixation and delayed RTN	92 ⁶⁷⁻⁷⁰	14 ⁶⁸⁻⁷⁰	11 ^{62,67-70}	17 ⁶⁷⁻⁷⁰	23 ⁶⁷⁻⁷⁰	17 ⁶⁷⁻⁶⁹
Plates and screws	100 ⁴⁴	38 ⁴⁴	4 ⁴⁴	35 ⁴⁴	69 ⁴⁴	42 ⁴⁴

* UTN, unreamed tibial nailings

† RTN, reamed tibial nailings

Fuente: Giannoudis *et al.*, 2006.

De igual forma, Dickson *et al.*, mediante una revisión sistemática compararon los resultados respecto al tiempo de unión, sepsis, reoperación y amputación de sus 420 casos en lo que utilizaron fijación externa circular con respecto a otros dispositivos. Descubrieron que el uso de fijador externo circular proporciona resultados quirúrgicos equivalentes o superiores en comparación con otras técnicas de fijación para fracturas expuestas grado III de tibia (ver tabla 7).

TABLA 7. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS QUIRÚRGICOS CON DIFERENTES TÉCNICAS DE ESTABILIZACIÓN ÓSEA

		Circular frame [10,24-33]	Plate [7,34-43]	Mono lateral external fixator [3,5,7,8,32,40,44-52]	Reamed nail [3,7,32,59,63,67-74]	Unreamed nail [7,8,32,44,46-50,52,54-68]
Number of patients	-	420	492	625	547	1223
Union	Rate (%)	98.6	83.1	89.3	93.3	92.6
	Compared to circular frame	-	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$p < 0.01$
Union time	Weeks	25.6	26	38	40.9	25.9
	Compared to circular frame	-	Not calculable	Not calculable	Not calculable	Not calculable
Superficial infection	Rate (%)	30.9	Not calculable	25.4	3	2.1
	Compared to circular frame	-	Not calculable	$p = 0.06$	$p < 0.01$	$p < 0.01$
Deep infection	Rate (%)	0.9	11	10.7	8.7	7.1
	Compared to circular frame	-	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$p < 0.01$
Malunion	Rate (%)	5.7	Not calculable	20.1	4.1	3.6
	Compared to circular frame	-	Not calculable	$p < 0.01$	$p = 0.23$	$p = 0.025$
Reoperation	Rate (%)	16.1	13	44.1	45.2	27.3
	Compared to circular frame	-	$p = 0.187$	$p < 0.01$	$p < 0.01$	$p < 0.01$
Amputation	Rate (%)	0.5	1.4	6.2	1.8	0.9
	Compared to circular frame	-	$p = 0.19$	$p < 0.01$	$p = 0.08$	$p = 0.36$

Fuente: Dr. Dickson *et al.*, 2015.

La literatura también ha demostrado resultados aceptables para las fracturas expuestas de la diáfisis tibial que se tratan secuencialmente con fijación externa seguida de clavos intramedulares (Manjra *et al.*, 2019).

CONVERSIÓN DE FIJACIÓN EXTERNA A FIJACIÓN DEFINITIVA

Bhandari y cols. llevaron a cabo una revisión sistémica donde descubrieron que las fracturas de la diáfisis tibial tratadas con una duración corta de fijación externa (menos de 28 días) tenían una reducción del riesgo de infección relativo del 83 %. Los casos en que hubo un intervalo más corto entre el momento de la extracción del fijador y el momento de la colocación del clavado intramedular (menos de 14 días) tuvieron una reducción del riesgo de infección relativo del 85 %. Por lo tanto, los fijadores externos deben utilizarse durante un período breve y el intervalo entre la extracción y la fijación interna debe ser inferior a catorce días. (Bhandari *et al.*, 2005).

Luego, Yokoyama *et al.* examinaron 99 fracturas expuestas de tibia (98 pacientes) tratadas con clavo intramedular inmediato o de forma retardada. De estos pacientes, seis (6,1 %, 1 grado II y 5 grado IIIB) desarrollaron infecciones profundas. En el grupo de enclavado inmediato, la tasa de infección profunda en el tipo IIIB y IIIC fue significativamente mayor que en el tipo I a IIIA (5,1 % versus 1,0 %, respectivamente. El análisis reveló que el grado en la clasificación de Gustilo, el tiempo de cierre de la piel y la existencia de infección profunda se correlacionaron significativamente con la aparición de no unión. Además, demostraron que el

enclavado intramedular después de la fijación externa (especialmente en presencia de infección en el trayecto del pin) tenía un alto riesgo de infección profunda, y que el desbridamiento dentro de las 6 horas y el manejo apropiado de los tejidos blandos también fueron un factor importante para prevenir infecciones profundas. Estos análisis postularon que tanto el grado de exposición como la existencia de infección profunda están relacionados con la unión en fracturas expuestas tratadas con clavo intramedular. También, que la fijación con clavo intramedular inmediato para los grados IIIB y IIIC es riesgosa, y el rimado del canal no aumentó el riesgo de complicaciones (Yokoyama *et al.*, 2008).

CONCLUSIONES

Las fracturas expuestas de tibia son lesiones muy frecuentes, desde leves y puntiformes hasta desprendimientos extensos de tejido con contaminación severa. La clasificación debe hacerse en sala de operaciones; el sistema más utilizado sigue siendo el de Gustilo-Anderson. Las complicaciones incluyen sepsis, no unión ósea, deformidades, limitación funcional e incluso amputaciones en pacientes jóvenes en edad productiva.

Los tejidos blandos previenen el riesgo de infección y tienen importancia clave en la reparación de las fracturas, incluyendo aporte vascular así como equilibrio molecular.

El abordaje hospitalario, además del protocolo de trauma y estabilización del paciente consiste en profilaxis antibiótica inmediata y manejo quirúrgico. El tiempo desde el trauma al desbridamiento en sala de operaciones no debe prolongarse más allá de lo necesario, como máximo 12 horas en el contexto de pacientes con lesiones severas (Guías BOAST, 2017), y debe incluir irrigación, desbridamiento agresivo, cobertura cutánea y estabilización ósea.

Hay inconsistencias en lo que se refiere al momento de cobertura definitiva, los términos inmediatos, temprano y tardío varían según cada autor. La mayoría coinciden en que la cobertura cutánea presenta mayores tasas de éxito al riesgo de infección, tiempo hasta la consolidación y amputación cuando se realiza antes de los

3 o incluso 7 días, aún si se practica en un segundo tiempo quirúrgico (ver cuadros 3 y 4).

En general, los defectos en los dos tercios proximales de la pierna pueden tratarse con colgajos rotacionales. El tercio medio, con colgajos de gastrocnemio, aunque de elección es el colgajo libre. Las lesiones del tercio distal se benefician de colgajos fasciocutáneos libres, como el anterolateral de muslo, o de gracilis.

La fijación externa es apropiada en casos de contaminación severa y en el contexto de control de daños, con bajas tasa de éxito como opción definitiva (Melvin, 2010). No existen estudios que comprueben la eficacia de rimado versus no rimado en el tratamiento de estas lesiones con clavos intramedulares.

La conversión de fijación externa a clavo intramedular debe realizarse dentro de los 28 días posteriores a la lesión, dejando un intervalo idealmente menor a 14 días cuando se sospeche una presente infección del trayecto del pin.

BIBLIOGRAFÍA

- Aljawadi, A., Islam, A., Jahangir, N. *et al.* (2021). *One-stage combined “fix and flap” approach for complex open Gustilo–Anderson IIIB lower limbs fractures: a prospective review of 102 cases.* Arch Orthop Trauma Surg. <https://doi.org/10.1007/s00402-020-03705-y>
- British Orthopaedic Association & British Association of Plastic. (2017). *Reconstructive Aesthetic Surgeons; Audit Standards for Trauma Open Fractures (BOAST4).* <https://www.boa.ac.uk/resources/boast-4-pdf.html>.
- Bhandari, M., Zlowodzki, M., Tornetta, P., Schmidt, A. y Templeman, D. C. (2005). Intramedullary Nailing Following External Fixation in Femoral and Tibial Shaft Fractures. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 19(2), 140–144. <https://doi.org/10.1097/00005131-200502000-00012>
- Court-Brown, C. y McBirnie, J. (1995). The epidemiology of tibial fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 77-B(3), 417–421. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.77b3.7744927>
- Chua, W., De, S. D., Lin, W. K., Kagda, F. y Murphy, D. (2014). Early versus Late Flap Coverage for Open Tibial Fractures. *Journal of Orthopaedic Surgery*, 22(3), 294–298. <https://doi.org/10.1177/230949901402200305>
- Choudry, U., Moran, S. y Karacor, Z. (2008). Soft-Tissue Coverage and Outcome of Gustilo Grade IIIB Midshaft Tibia Fractures: A 15-Year Experience. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 122(2), 479–485. <https://doi.org/10.1097/prs.0b013e31817d60e0>
- Chan, J. K. K., Harry, L., Williams, G. y Nanchahal, J. (2012). Soft-Tissue Reconstruction of Open Fractures of the Lower Limb. *Plastic & Reconstructive Surgery*, 130(2), 284e–295e. <https://doi.org/10.1097/prs.0b013e3182589e63>

- Gopal, S., Majumder, S., Batchelor, A. G. B., Knight, S. L., De Boer, P. y Smith, R. M. (2000). Fix and flap: the radical orthopaedic and plastic treatment of severe open fractures of the tibia. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 82-B(7), 959–966. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.82b7.0820959>
- Griffiths, R. W. (1991). Russell, G. G., Henderson, R., and Arnett, G. Primary or delayed closure for open tibial fractures. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 87(3), 596. <https://doi.org/10.1097/00006534-199103000-00084>
- Gopal, S., Giannoudis, P. V., Murray, A., Matthews, S. J. y Smith, R. M. (2004). The functional outcome of severe, open tibial fractures managed with early fixation and flap coverage. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 86-B(6), 861–867. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.86b6.13400>
- Hertel, R., Lambert, S. M., Müller, S., Ballmer, F. T. y Ganz, R. (1999). On the timing of soft-tissue reconstruction for open fractures of the lower leg. *Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery*, 119(1–2), 7–12. <https://doi.org/10.1007/s004020050346>
- Kuokkanen, H. y Tukiainen, E. (2003). Soft-Tissue and Bone Reconstruction in Compound Fractures of the Lower Leg. *Scandinavian Journal of Surgery*, 92(4), 265–268. <https://doi.org/10.1177/145749690309200405>
- Jitprapaikulsarn, S., Sukha, K., Patamamongkonchai, C., Gromprasit, A. y Thremthakanpon, W. (2020). Concurrent internal fixation and soft tissue reconstruction by distally based sural flap: a practicable scheme for complex distal tibial fractures. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 31(4), 711–718. <https://doi.org/10.1007/s00590-020-02827-8>
- J, S., MS, D. y SS, D. (2020). Single-stage «Fix and Flap» gives Good Outcomes in Grade 3B/C Open Tibial Fractures: A Prospective Study. *Malaysian Orthopaedic Journal*, 14(1), 61–73. <https://doi.org/10.5704/moj.2003.010>

- Kim, P. H. y Leopold, S. S. (2012). Gustilo-Anderson Classification. *Clinical Orthopaedics & Related Research*, 470(11), 3270–3274. <https://doi.org/10.1007/s11999-012-2376-6>
- Khundkar, R. (2019). Lower extremity flap coverage following trauma. *Journal of Clinical Orthopaedics and Trauma*, 10(5), 839–844. <https://doi.org/10.1016/j.jcot.2019.08.007>
- Kang, Y., Wu, Y., Ma, Y., Liu, J., Gu, J., Zhou, M., Wang, Y., Lin, F. y Rui, Y. (2020). “Primary free-flap tibial open fracture reconstruction with the Masquelet technique” and internal fixation. *Injury*, 51(12), 2970–2974. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2020.10.039>
- Mathews, J., Ward, J., Chapman, T., Khan, U. y Kelly, M. (2015). Single-stage orthoplastic reconstruction of Gustilo–Anderson Grade III open tibial fractures greatly reduces infection rates. *Injury*, 46(11), 2263–2266. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2015.08.027>
- Melvin, S. J., Dombroski, D. G., Torbert, J. T., Kovach, S. J., Esterhai, J. L. y Mehta, S. (2010). Open Tibial Shaft Fractures: I. Evaluation and Initial Wound Management. *American Academy of Orthopaedic Surgeon*, 18(1), 10–19. <https://doi.org/10.5435/00124635-201001000-00003>
- Manjra, M., Basson, T., Du Preez, G., Du Toit, J. y Ferreira, N. (2019). Current concepts in the management of open tibia fractures. *SA Orthopaedic Journal*, 18(4). <https://doi.org/10.17159/2309-8309/2019/v18n4a7>
- Olesen, U. K., Juul, R., Bonde, C. T., Moser, C., McNally, M., Jensen, L. T., Elberg, J. J. y Eckardt, H. (2015). A review of forty five open tibial fractures covered with free flaps. Analysis of complications, microbiology and prognostic factors. *International Orthopaedics*, 39(6), 1159–1166. <https://doi.org/10.1007/s00264-015-2712-z>
- Pincus, D., Byrne, J. P., Nathens, A. B., Miller, A. N., Wolinsky, P. R., Wasserstein, D., Ravi, B. y Jenkinson, R. J. (2019). Delay in Flap Coverage Past 7 Days Increases

- Complications for Open Tibia Fractures: A Cohort Study of 140 North American Trauma Centers. *Journal of Orthopaedic Trauma*, 33(4), 161–168. <https://doi.org/10.1097/bot.0000000000001434>
- Pollak, A. N., Jones, A. L., Castillo, R. C., Bosse, M. J. y MacKenzie, E. J. (2010). The Relationship Between Time to Surgical Débridement and Incidence of Infection After Open High-Energy Lower Extremity Trauma. *The Journal of Bone and Joint Surgery-American Volume*, 92(1), 7–15. <https://doi.org/10.2106/jbjs.h.00984>
- Rajasekaran, S., Dheenadhayalan, J., Babu, J. N., Sundararajan, S. R., Venkatramani, H. y Sabapathy, S. R. (2009). Immediate primary skin closure in type-III A and B open fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery. British volume*, 91-B(2), 217–224. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.91b2.21228>
- Rupp, M., Popp, D. y Alt, V. (2020). Prevention of infection in open fractures: Where are the pendulums now? *Injury*, 51, S57-S63. <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.10.074>
- Ryan, S. P. y Pugliano, V. (2014). Controversies in Initial Management of Open Fractures. *Scandinavian Journal of Surgery*, 103(2), 132–137. <https://doi.org/10.1177/1457496913519773>
- Singh, A., Jiong Hao, J., Wei, D., Liang, C., Murphy, D., Thambiah, J. y Han, C. (2018). Gustilo IIIB open tibial fractures: An analysis of infection and nonunion rates. *Indian Journal of Orthopaedics*, 52(4), 406. https://doi.org/10.4103/ortho.ijortho_369_16
- Sop JL, Sop A. (2020). *Open Fracture Management*. In: StatPearls [Internet].
- Trompeter, A. J., Furness, H., Kanakaris, N. K. y Costa, M. L. (2020). Classification of open fractures: the need to modernize. *The Bone & Joint Journal*, 102-B(11), 1431–1434. <https://doi.org/10.1302/0301-620x.102b11.bjj-2020-0947>
- Webb, L. X., Bosse, M. J., Castillo, R. C. y MacKenzie, E. J. (2007). Analysis of Surgeon-Controlled Variables in the Treatment of Limb-Threatening Type-III Open Tibial

Diaphyseal Fractures. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 89(5), 923–928.
<https://doi.org/10.2106/jbjs.f.00776>

Wei, S. J., Cai, X. H., Wang, H. S., Qi, B. W. y Yu, A. X. (2014). A comparison of primary and delayed wound closure in severe open tibial fractures initially treated with internal fixation and vacuum-assisted wound coverage: A case-controlled study. *International Journal of Surgery*, 12(7), 688–694.
<https://doi.org/10.1016/j.ijsu.2014.04.010>

Yokoyama, K., Itoman, M., Uchino, M., Fukushima, K., Nitta, H. y Kojima, Y. (2008). Immediate versus delayed intramedullary nailing for open fractures of the tibial shaft: A multivariate analysis of factors affecting deep infection and fracture healing. *Indian Journal of Orthopaedics*, 42(4), 410. <https://doi.org/10.4103/0019-5413.43385>

Zalavras, C. G., Marcus, R. E., Levin, L. S. y Patzakis, M. J. (2007). Management of Open Fractures and Subsequent Complications. *The Journal of Bone & Joint Surgery*, 89(4), 884–895. <https://doi.org/10.2106/00004623-200704000-00027>

Zalavras, C. G. (2017). Prevention of Infection in Open Fractures. *Infectious Disease Clinics of North America*, 31(2), 339–352. <https://doi.org/10.1016/j.idc.2017.01.005>